

Pengembangan Instrumen Evaluasi Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dengan Konsep *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada Materi gelombang Stasioner dan Gelombang Berjalan

Hanin Rizki Amalia¹, Dwi Sulisworo²

Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55191 Email: syammustikaaisya@gmail.com

Abstrak. Dalam proses evaluasi pembelajaran dan hasil belajar, guru menggunakan suatu alat ukur yang disebut dengan instrumen evaluasi. Instrumen evaluasi yang dirancang dengan baik dan sesuai dengan tingkatan kemampuan berpikir kritis dapat meningkatkan daya berpikir siswa, khususnya keterampilan berpikir kritis. Penelitian ini bertujuan untuk (1) membuat instrumen evaluasi keterampilan berpikir kritis pada konsep TPACK yang valid dan reliabel, (2) mengetahui tingkat kesukaran butir soal materi Gelombang Stasioner dan Gelombang Berjalan kelas XI, (3) mengetahui daya pembeda butir soal materi Gelombang Stasioner dan Gelombang Berjalan kelas XI. Metode pengembangan produk yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D) model 4D yaitu *Define, Design, Development, Dissemination*. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah lembar validasi oleh ahli, validitas tiap butir soal, reliabilitas butir soal, daya pembeda dan tingkat kesukaran tiap butir soal. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI SMA Muhammadiyah 7 Yogyakarta. Pengembangan instrumen evaluasi ini memperoleh kelayakan dari validator sebesar 86,67%, sehingga pengembangan instrumen evaluasi ini termasuk kategori "sangat layak". Sedangkan validitas butir soal pilihan ganda terdapat 70% soal valid dan 30% tidak valid, uraian 100% soal valid. Reliabilitas soal pilihan ganda 0,29 uraian 0,79. Daya beda soal pilihan ganda 10% soal baik, 20% soal jelek, 70% soal cukup, uraian 60% soal cukup, 40% soal jelek. Indeks kesukaran soal pilihan ganda 80% sedang, 20% mudah, uraian 60% sedang, 40% mudah.

Kata Kunci : Instrumen Evaluasi, TPACK, Keterampilan Berpikir Kritis

I. Pendahuluan

Ilmu pengetahuan pada abad ke 21 pendidik dan siswa harus mempunyai kemampuan belajar dan mengajar baik itu softskills maupun hardskills. Model pembelajaran pada abad ke 21 terjadi pergeseran paradigma guna meningkatkan kualitas dan relevansi pendidikan dalam memasuki dunia modern. Pergeseran itu meliputi 4 hal. Pertama, dari berpusat pada guru, menjadi berpusat pada siswa. Fungsi guru dari seorang pengajar berubah menjadi fasilitator bagi siswanya. Kedua, dari satu arah menuju interaktif. Guru membuat kelas semenarik mungkin dengan berbagai pendekatan interaksi yang dipersiapkan. Ketiga, dari isolasi menuju lingkungan jejaring. Siswa dapat menimba ilmu dari siapa saja dan dari mana saja yang dapat dihubungi serta diperoleh via internet. Keempat, dari pasif menuju aktif menyelidiki, siswa harus lebih aktif dengan cara memberikan berbagai pertanyaan [1].

Mengacu pada paradigma tersebut, paradigma pembelajaran lebih memfokuskan pada efektifitas dan

efisiensi mengenai apa yang telah siswa pahami dan apa yang mampu siswa lakukan terhadap informasi yang baru. Keberhasilan siswa dalam mencapai tingkat pembelajaran tidak terlepas dari peran seorang guru. Seorang guru harus mengatur bagaimana tahap-tahap melakukan penilaian, dan alat-alat yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang proses dan hasil belajar. Pengumpulan informasi tersebut salah satu caranya diperoleh dengan melakukan evaluasi terhadap siswa.

Instrumen evaluasi yang dirancang dengan baik dan sesuai dengan tingkatan kemampuan berpikir kritis dapat meningkatkan daya berpikir siswa, khususnya kemampuan berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis sangat penting dan diperlukan oleh siswa karena menjadi modal dasar untuk memahami berbagai hal, diantaranya memahami konsep dalam disiplin ilmu. Pengetahuan siswa harus dimiliki dan dibangun dengan cara berpikir kritis. Penalaran kognitif akan dirangsang oleh siswa untuk memperoleh pengetahuan dengan kemampuan berpikir kritisnya.

Seiring dengan perkembangan, dalam dunia pendidikan dipengaruhi oleh ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Dalam menanggapi era teknologi saat ini, pendidikan harus dapat menyesuaikan dengan perkembangan zaman yang makin canggih, salah satu tujuannya memudahkan dalam kegiatan pembelajaran khususnya bidang evaluasi. Sejalan dengan hal tersebut, google sudah bergerak dengan dunia teknologi dalam dunia pendidikan. Salah satu fitur yang dapat dimanfaatkan dalam mengatasi evaluasi adalah dengan google form dan google drive. Dengan bantuan google evaluasi yang digunakan dapat dimanfaatkan untuk mengatasi pemborosan banyak kertas, serta tidak menghabiskan banyak waktu untuk mendapatkan data dan menganalisisnya.

Menurut ibu Hanik selaku guru fisika di SMA Muhammadiyah 7 Yogyakarta, dari segi evaluasi yang diberikan pada siswa guru belum sepenuhnya menerapkan pembuatan instrumen evaluasi yang sesuai dengan kriteria instrumen evaluasi agar diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan evaluasi pendidikan. Guru cenderung menyalin soal dari buku ajar dan lembar kerja siswa (LKS) yang belum tentu soal itu benar-benar mengevaluasi kemampuan siswa dalam memahami konsep, membentuk pikiran kritis, abstrak, sistematis, logis, kreatif dan imajinatif dan belum diketahui kualitasnya. Melalui evaluasi semua komponen pembelajaran dapat diketahui apakah dapat berfungsi sebagaimana mestinya atau tidak. Guru dapat mengetahui tingkat kemampuan siswa, baik secara kelompok maupun perorangan. Pada akhirnya guru akan memperoleh gambaran tentang keefektifan proses pembelajaran dan mengetahui sejauh mana siswa memahami konsep, kemampuan siswa untuk dapat berpikir kritis, abstrak, sistematis, logis, kreatif dan imajinatif dalam menyelesaikan soal-soal. Oleh karenanya perlu dikembangkan dan dilaksanakan instrumen evaluasi keterampilan berpikir kritis.

Saat ini ilmu pengetahuan mengalami peningkatan yang juga membuat kebutuhan siswa ikut meningkat. Guru harus mampu mengajarkan mata pelajaran dengan teknologi yang bukan hanya sekedar aspek Pedagogical Content Knowledge (PCK). Selain PCK terdapat aspek yang tidak kalah penting seiring berkembangnya zaman, aspek yang dimaksud yaitu teknologi. Menurut Koehler dan Mishra (2009) dari aspek tersebut muncul pengembangan baru dari PCK yaitu Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Kurnia (2014) [2], pada pembelajaran kimia mengintegrasikan TPACK dalam pembelajarannya. Melalui integrasi TPACK, materi yang abstrak menjadi konkrit dengan penggunaan model inquiry

Based learning. Hasil penelitian Kurnia menunjukkan bahwa TPACK dapat mengoptimalkan aktivitas pembelajaran siswa dimana komponen TPACK ini mempengaruhi terhadap keberhasilan integrasi TPACK pada pembelajaran kimia. Hal ini mendasari peneliti untuk menerapkan penelitian tentang instrumen evaluasi kemampuan berpikir kritis siswa dengan konsep TPACK dengan evaluasi yang sering digunakan oleh guru pada tahun sebelumnya. Oleh karena itu peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengembangan Instrumen Evaluasi Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dengan Konsep *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) pada Materi Gelombang Stasioner dan Gelombang Berjalan".

II. Landasan Teori

1. Evaluasi Pembelajaran

Evaluasi merupakan suatu proses sistematis yang dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan efisiensi dari program yang bersangkutan [3]

2. Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis dapat diartikan sebagai proses dan kemampuan yang digunakan untuk memahami konsep, menerapkan, mensintesis dan mengevaluasi informasi yang diperoleh atau informasi yang dihasilkan. Tidak semua informasi yang diperoleh dapat dijadikan pengetahuan yang diyakini kebenarannya untuk dijadikan panduan dalam tindakan, dan tidak selalu informasi yang dihasilkan merupakan informasi yang benar. Berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan telah diketahui berperan dalam perkembangan moral, perkembangan sosial, perkembangan mental, perkembangan kognitif, dan perkembangan sains [4].

3. Tes Berbantuan Teknologi

Tes Berbasis Komputer (Computer Based Test, CBT) merupakan tes/evaluasi yang diselenggarakan dengan menggunakan komputer. Karakteristik dari tes ini sama dengan tes konvensional yaitu menggunakan satu perangkat tes untuk beberapa peserta dengan panjang tes yang sama (fixed test length). Perbedaannya terletak pada teknik penyampaian butir soal yang tidak lagi menggunakan kertas, baik untuk naskah soal maupun lembar jawaban. Sistem skoring atau koreksi langsung dilakukan oleh komputer. Biasanya peserta bisa mengerjakan dan melihat butir soal dari nomor pertama sampai dengan terakhir.

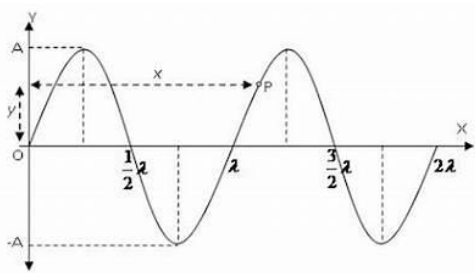
4. TPACK

TPACK merupakan suatu kerangka antara teknologi, pedagogi dan materi yang berinteraksi satu sama lain untuk menghasilkan pembelajaran berbasis TIK. TPACK mengacu pada pengetahuan yang dibutuhkan oleh guru untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam pengajaran di bidang apapun. Guru memiliki pemahaman intuitif tentang interaksi yang kompleks antara tiga komponen dasar pengetahuan (CK, PK, TK) dengan mengajarkan konten menggunakan metode dan teknologi pedagogis yang tepat [5].

5. Gelombang Stasioner dan Gelombang Berjalan

1) Gelombang Berjalan

Gelombang berjalan adalah gelombang yang bergerak dengan amplitudo tetap. Grafik simpangan terhadap jarak tempuh suatu gelombang ditunjukkan pada gambar 1

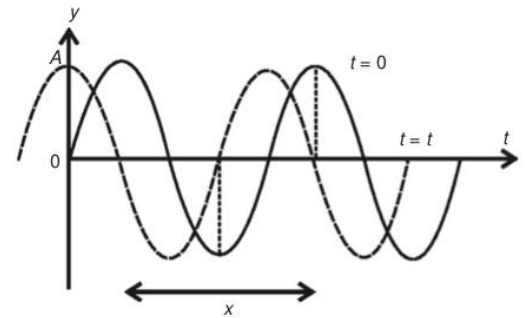


Gambar 1. Gelombang berjalan ke kanan dengan titik asal getaran adalah titik O.

Sumber: <https://parfisika.wordpress.com/fisika-a-modren/gelombang-mekanik-1/gelombang-berjalan-dan-gelombang-stationer/>

Seutas tali panjang digetarkan sehingga pada tali merambat gelombang transversal ke arah sumbu-x positif. Gelombang berjalan yang dihasilkan dimulai dari titik O, yaitu titik asal rambat gelombang, saat titik O telah bergetar t sekon, simpangan getar titik O terhadap waktu gelombang memenuhi persamaan simpangan getar harmonis, secara matematis, persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$y = A \sin \omega x \quad (1)$$



Gambar 2. Gelombang merambat ke arah sumbu-x positif

Sumber: <https://parfisika.wordpress.com/fisika-modren/gelombang-mekanik-1/gelombang-berjalan-dan-gelombang-stationer/>

Keterangan:

y = simpangan gelombang (m)

A = amplitudo gelombang (m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

t = waktu (s)

oleh karena $\omega = \frac{2\pi}{T}$ dan $\theta = \frac{2\pi}{T}$,

persamaan diatas juga dapat ditulis :

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \text{ atau } y = A \sin \theta \quad (2)$$

Gelombang merambat mulai dari titik O ke sumbu-x positif menuju titik P yang berjarak x dari titik O. Waktu yang diperlukan gelombang untuk merambat dari titik O ke titik P sejauh x

adalah $\frac{x}{v}$ sekon. Jika titik O bergetar selama t sekon maka titik P akan bergetar selama

$(t - \frac{x}{v})$ sekon.

Persamaan simpangan gelombang di titik P adalah :

$$y_p = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (3)$$

Persamaan 3 berlaku untuk gelombang yang merambat ke arah sumbu-x positif. Adapun persamaan gelombang yang merambat dari sumbu-x positif menuju sumbu-x negative atau pusat koordinat adalah

$$y_p = A \sin \omega \left(t + \frac{x}{v} \right) \quad (4)$$

Pada persamaan 3 dan persamaan 4 amplitudo A berharga positif karena dianggap awal getaran dimulai dari titik setimbang O bergerak ke atas. Jika gerakan dimulai dari titik setimbang O bergerak ke bawah maka Amplitudo A berharga negative sehingga

persamaan simpangan gelombang di P secara umum menjadi

$$y_p = \pm A \sin \omega \left(t \pm \frac{x}{v} \right)$$

(5)

Dalam bentuk lain Persamaan 5 dapat ditulis sebagai berikut.

$$y_p = \pm A \sin(\omega t \pm kx)$$

(6)

Dengan k adalah nilai dari $\frac{\omega}{v}$ atau $\frac{2\pi}{\lambda}$

Keterangan :

y_p = simpangan gelombang (m)

ω = kecepatan sudut getaran (rad/s)

x = posisi titik P diukur dari titik asal O

A = amplitudo (m)

t = waktu titik asal bergetar (s)

f = frekuensi getaran/gelombang (Hz)

a) Sudut fase dan Beda fase

Anda telah mengetahui bahwa gelombang berjalan memiliki persamaan simpangan seperti pada Persamaan 7. Untuk keadaan umum, persamaannya sebagai berikut.

$$y_p = A \sin(\omega x - kx) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

(7)

Dari sudut tersebut, besar sudut fasenya adalah

$$\phi_p = \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

(8)

Dan besar fasenya adalah

$$\theta_p = 2\pi\phi_p$$

(9)

Perhatikan Gambar. Titik A yang berjarak x_1 dari titik asal getaran O telah bergetar selama t sekon memiliki fase ϕ_1 . Pada awal getaran yang sama, titik B berjarak x_2 dari titik asal getaran O dan memiliki fase ϕ_2 . Beda fasetitik A dan B adalah

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 = \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) - \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right)$$

(10)

$$\Delta\phi = \frac{x_2 - x_1}{\lambda} = \frac{\Delta x}{\lambda}$$

(11)

2) Gelombang Stasioner

Gelombang stasioner adalah gelombang yang amplitudonya berubah terhadap posisi. Gelombang tersebut dapat terbentuk dari perpaduan atau superposisi dua gelombang yang memiliki amplitudo, panjang gelombang, dan frekuensi yang sama, tetapi arahnya berlawanan. Secara matematis, simpangan gelombangnya adalah

$$y_s = y_1 + y_2$$

(12)

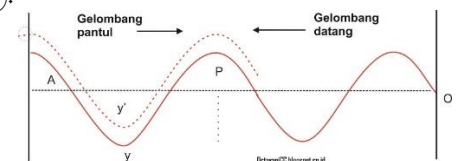
Keterangan:

y_s = simpangan gelombang stasioner

y_1 = simpangan gelombang pertama

y_2 = simpangan gelombang kedua

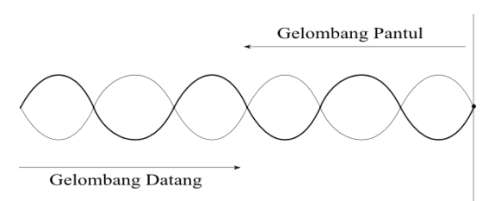
Gelombang stasioner dapat terjadi karena dua buah gelombang yang saling superposisi. Misalnya, superposisi terus-menerus antara gelombang datang dan gelombang pantul yang merambat pada gelombang tali. Pada gelombang stasioner, terdapat titik-titik yang bergetar dengan amplitudo maksimum. Titik ini dinamakan perut gelombang, sedangkan titik-titik yang bergetar dengan amplitudo minimum disebut simpul gelombang. Gelombang stasioner dapat dihasilkan dari seutas tali, baik dengan ujung tidak terikat (gambar 3) maupun dengan ujung tali terikat (gambar 4).



Gambar 3. Gelombang stasioner (gelombang pantul dan gelombang datang) dengan ujung tali tidak terikat

Sumber:

<https://dokumen.tips/documents/gelombang-stasioner-pada-seutas-tali.html>



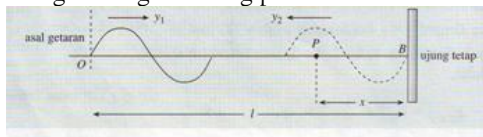
Gambar 4. Gelombang stasioner (gelombang pantul dan gelombang datang) dengan ujung tali terikat

Sumber:

<http://dokterfisika.blogspot.com/2016/08/pembahasan-gelombang-stasioner-lengkap-dengan-contoh-soalnya.html>

- a) Gelombang Stasioner pada tali dengan ujung bebas

Gelombang Stasioner pada tali dengan ujung bebas, ujung talui dibiarkan bergerak naik-turun, sedangkan ujung yang lain digetarkan. Pada gelombang stasioner ini terjadi perubahan fase, artinya fase gelombang datang sama dengan fase gelombang pantul.



Gambar 5. Gelombang stasioner pada tali dengan ujung bebas

Sumber: http://fisikon.com/kelas3/index.php?option=com_content&view=article&id=21:contoh-4&catid=1:gelombang-mekanik&Itemid=23

Perhatikan gambar 5. Titik O adalah titik asal rambatan gelombang datang dengan l = panjang tali x = jarak titik P dari ujung bebas A. Titik P mengalami perpaduan gelombang datang y_1 dengan gelombang pantul y_2 . Secara matematis, simpangan gelombang datang y_1 di titik P adalah

$$y_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right)$$

(13)

Waktu yang diperlukan gelombang datang dari titik O sampai di titik P adalah $\frac{l-x}{v}$, sedangkan waktu yang diperlukan oleh gelombang pantul dari titik O ke titik A sampai di P

adalah $\frac{l+x}{v}$. Jadi, persamaan simpangan gelombang pantul adalah

$$y_2 = A \sin \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \quad (14)$$

Hasil perpaduan simpangan gelombang datang y_1 dan simpangan gelombang pantul y_2 di titik P dapat ditulis sebagai berikut.

$$y_p = y_1 + y_2 \quad (15)$$

$$y_p = A \sin \omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) + A \sin \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \quad (16)$$

Misalkan $\alpha = \omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right)$ dan

$$\beta = \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right)$$

Maka persamaan simpangan y_p menjadi

$$y_p = A \sin \alpha + A \sin \beta \quad (17)$$

Berdasarkan aturan penjumlahan sinus, yaitu

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \quad (18)$$

sehingga

$$y_p = 2A \sin \frac{1}{2} \left[\omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) + \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \right] \cos \frac{1}{2} \left[\omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) - \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \right] \quad (19)$$

Oleh karena $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $vt = \lambda$, dan

$f = \frac{1}{T}$, persamaan gelombang stasioner akibat pemantulan ujung bebas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_p = 2A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right) \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right) \quad (20)$$

Persamaan simpangan y_p dapat juga ditulis sebagai berikut.

$$y_p = 2A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right) \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right) \quad (21)$$

Perhatikan persamaan diatas.

Persamaan $2A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right)$

merupakan amplitudo gelombang stasioner di titik P. Jadi, amplitude gelombang di titik P dapat dinyatakan dengan persamaan

$$A_p = 2A \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right) = 2A \cos kx$$

(22)

Letak perut dan simpul dari ujung bebas dapat ditentukan berdasarkan Persamaan diatas. Letak perut terjadi ketika terbentuk simpangan maksimum, syaratnya

$$\cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} x \right) = \pm 1 \quad \text{atau} \quad \frac{2\pi}{\lambda} x = n\pi,$$

sehingga diperoleh

$$x = n \left(\frac{1}{2} \lambda \right) \quad \text{dengan } n = 0,$$

1, 2

(23)

Dengan demikian, perut terbentuk pada

$$\text{posisi } x = 0, \frac{1}{2} \lambda, \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \dots$$

Simpul terjadi ketika terbentuk simpangan gelombang berharga nol,

$$\text{syaratnya} \quad \cos \left(2\pi \frac{x}{\lambda} \right) = 0 \quad \text{atau}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = (2n+1) \frac{\pi}{2}, \quad \text{sehingga}$$

diperoleh :

$$x = (2n+1) \frac{1}{4} \lambda, \quad \text{dengan } n = 0, 1, 2,$$

.....

(24)

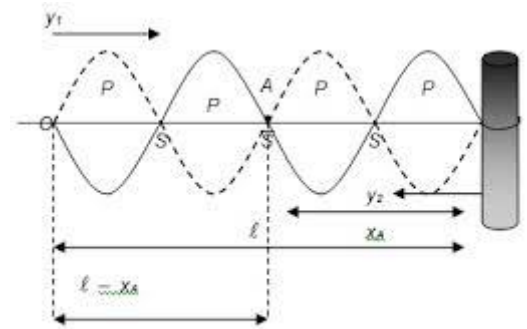
Dengan demikian, simpul terbentuk

$$\text{pada posisi } x = \frac{1}{4} \lambda, \frac{3}{4} \lambda, \frac{5}{4} \lambda, \dots$$

dari ujung bebas.

- b) Gelombang Stasioner pada Tali dengan Ujung Terikat

Gelombang stasioner pada tali dengan ujung terikat diperoleh dari getaran seutas tali yang ujungnya terikat sehingga tidak dapat bergerak, seperti pada Gambar, karena ujung tali tidak dapat bergerak maka akan terjadi perubahan fase gelombang datang dengan gelombang pantul sebesar π rad.



Gelombang stasioner pada tali dengan ujung terikat.

Gambar 6. Gelombang stasioner pada tali dengan ujung terikat

Sumber: <https://muhammadsajadi.blogspot.com/2015/08/pembuktian-rumus-gelombang-stasioner.html>

Penurunan persamaan simpangan gelombang stasioner pada ujung terikat dengan melihat gambar. Titik O adalah titik awal rambatan gelombang datang dengan l = panjang tali, x = jarak titik P yang merupakan perpaduan gelombang datang y_1 dan gelombang pantul y_2 . Secara matematis, simpangan y yang terjadi pada titik P adalah simpangan gelombang datang y_1 di titik P.

$$y_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) \quad (25)$$

Waktu yang diperlukan gelombang datang dari titik O sampai titik P adalah $\frac{l-x}{v}$, sedangkan waktu yang diperlukan oleh gelombang pantul dari titik ke A sampai di titik P adalah $\frac{l+x}{v}$. Gelombang stasioner

pada tali dengan ujung terikat memiliki beda sudut fase antara gelombang datang dan gelombang pantul sebesar 180° . Dengan demikian, persamaan simpangan y_2 gelombang pantul adalah

$$y_2 = -A \sin \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right)$$

(26)

Hasil perpaduan simpangan gelombang datang y_1 dan simpangan gelombang pantul y_2 di titik P dapat dinyatakan dengan persamaan

$$y_p = y_1 + y_2 \quad (27)$$

$$y_p = A \sin \omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) - A \sin \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \quad (28)$$

Misalkan, $\alpha = \omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right)$ dan

$$\beta = \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right)$$

Dengan demikian, nilai simpangan menjadi :

$$y_p = A \sin \alpha - A \sin \beta$$

$$y_p = 2A \sin \frac{1}{2} \left[\omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) - \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \right] \cos \frac{1}{2} \left[\omega \left(t - \frac{l-x}{v} \right) + \omega \left(t - \frac{l+x}{v} \right) \right]$$

$$y_p = 2A \sin \omega \left(\frac{x}{v} \right) \cos \omega \left(t - \frac{l}{v} \right)$$

Oleh karena $\omega \frac{2\pi}{T}$, $vT = \lambda$, dan $f = \frac{1}{T}$ maka

$$y_p = 2A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right) \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right) \quad (29)$$

Jika diperhatikan Persamaan di atas,

$$2A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right)$$
 merupakan amplitudo

gelombang stasioner pada titik P. Dengan demikian, amplitudo gelombang di titik P dapat ditulis sebagai berikut.

$$A_p = 2A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} \right)$$

(30)

Letak perut dan simpul dapat ditentukan berdasarkan Persamaan di atas.

Perut terjadi ketika terbentuk simpangan

maksimum, syaratnya $\sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm 1$

atau $2\pi \frac{x}{\lambda} = (2n+1) \frac{\pi}{2}$, sehingga diperoleh

$$x = (2n+1) \frac{1}{4} \lambda, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, \dots \quad (31)$$

Dengan demikian, perut terbentuk pada posisi $x = \frac{1}{4} \lambda, \frac{3}{4} \lambda, \frac{5}{4} \lambda, \dots$ dari titik ujung tali terikat.

Simpul terjadi jika ketika terbentuk simpangan gelombang bernilai nol, syaratnya $\sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = 0$

atau $\frac{2\pi}{\lambda} x = n\pi$ sehingga diperoleh

$$x = n \left(\frac{1}{2} \lambda \right), \text{ dengan } n = 0, 1, 2, \dots$$

(32)

Dengan demikian, simpul terbentuk pada posisi

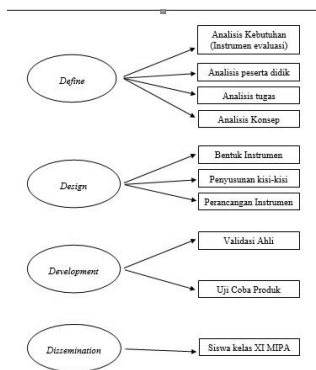
$$x = \frac{1}{2} \lambda, \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \dots \text{ dari titik ujung tali terikat.}$$

III. Metode Penelitian/Eksperimen

Penelitian ini akan menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D), penelitian ini dapat diartikan sebagai suatu penelitian yang mengkondisikan suatu hal yang ada menjadi lebih baik dari segi kualitas, kapasitas, fungsi, dan manfaat. Metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut [6].

Model pengembangan adalah dasar untuk melakukan pengembangan produk yang akan dihasilkan. Pada penelitian ini menggunakan model pengembangan 4-D (four-D Model) yang dikemukakan oleh Thiagarajan dan Semmel pada tahun 1974 [7]. Model pengembangan ini dipilih karena untuk menghasilkan produk. Produk yang dikembangkan adalah instrumen evaluasi keterampilan berpikir kritis siswa dengan konsep *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK)

Prosedur penelitian dan pengembangan akan memaparkan langkah-langkah yang akan dilakukan oleh peneliti dalam pembuatan produk. Penelitian ini akan mengadaptasi model pengembangan 4-D (FourD Model) yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974), model pengembangan 4-D (Four-D Model) merupakan singkatan dari Define (pendefinisian), Design perencanaan), Development (pengembangan), and Dissemination (penyebaran) [7].



Gambar 7. Bagan Penelitian

A. Subjek Coba

Subjek penelitian ini adalah siswa SMA kelas XI MIPA tahun ajaran 2018/2019 di SMA Muhammadiyah 7 Yogyakarta. Pada uji coba ini digunakan 34 siswa.

B. Jenis Data

a) Data Kuantitatif

- 1) Skor penilaian dari validator ahli evaluasi terhadap instrumen yang dikembangkan. Penilaian untuk setiap poin kriteria penilaian dari ahli evaluasi diubah menjadi skor sesuai dengan skala Likert, yaitu: Tidak Baik = 1, Kurang Baik = 2, Cukup Baik = 3, Baik = 4, Sangat Baik = 5.
- 2) Skor siswa berupa skor menjawab soal yang dikembangkan.

C. Instrumen Pengumpulan Data

a. Lembar Validasi

Lembar validasi digunakan sebagai lembar penilaian oleh validator ahli dan guru terhadap instrumen yang dikembangkan. Pengujian instrumen dilakukan dengan penilaian dari skala 1 sampai 5 untuk tiap butir soal dan komentar serta saran terhadap instrumen.

b. Instrumen evaluasi kemampuan berpikir kritis

Instrumen evaluasi berpikir kritis merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur penguasaan materi peserta didik. Soal yang dikembangkan adalah pilihan ganda dan uraian. Bentuk tes yang digunakan menggunakan ranah kognitif yang diukur meliputi penerapan (application), analisa

(analysis), sintesis (synthesis) evaluasi (evaluation) atau yang sering disebut C3, C4, C5, C6.

D. Teknik Analisis Data

Teknik dalam menganalisis data yang digunakan peneliti yaitu :

a. Uji Validitas

1) Uji Validitas Butir Soal

Untuk mengetahui validitas butir soal dapat menggunakan rumus korelasi *product moment*:

$$r_{xy} = \frac{N\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{N\sum x^2 - (\sum x)^2\} \{N\sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (32)$$

Keterangan:

r_{xy} = Koefisien korelasi antara variabel

X dan variabel Y

N = Jumlah peserta tes

$\sum x$ = Jumlah skor item dari seluruh responden uji coba

$\sum y$ = Jumlah skor total

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat skor item

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat skor total

Kriteria keputusan yaitu $r_{hitung} \geq r_{tabel}$, maka item (butir) tes dikatakan valid.

Tabel I. Kriteria validitas Tes

Interval Skor	Kategori
$0,8 \leq r_{xy} \leq 1,0$	Sangat Tinggi
$0,6 \leq r_{xy} \leq 0,8$	Tinggi
$0,4 \leq r_{xy} \leq 0,6$	Cukup
$0,2 \leq r_{xy} \leq 0,4$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} \leq 0,2$	Sangat Rendah

b. Uji Reliabilitas

Reliabilitas berhubungan dengan masalah kepercayaan. Suatu tes dapat dikatakan mempunyai taraf kepercayaan yang tinggi jika tes tersebut dapat memberikan hasil yang tetap. Rumus yang digunakan adalah rumus Alpha Crochbach, yaitu:

$$r_{11} = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (34)$$

Keterangan:

K = jumlah item dalam instrumen

I = bilangan konstanta

$\sum \sigma_t^2$ = jumlah varian skor tiap-tiap butir

σ_t^2 = varian total

Rumus varian:

$$\sigma^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}{N} \quad (35)$$

Tabel 2. Kriteria Reliabilitas Tes

Interval Skor	Kategori
$0,8 \leq r_{11} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,6 \leq r_{11} \leq 0,80$	Tinggi

$0,4 \leq r_{11} \leq 0,60$	Cukup
$0,2 \leq r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{11} \leq 0,20$	Sangat Rendah

c. Uji Tingkat Kesukaran Tes

Uji ini dilakukan untuk menguji kesukaran sebuah tes. Rumus yang digunakan yaitu:

$$P = \frac{B}{JS} \quad (36)$$

Keterangan

P = indeks kesukaran

B = banyaknya siswa yang menjawab soal dengan benar

JS = jumlah seluruh siswa peserta tes

Menurut ketentuan yang sering diikuti, indeks kesukaran sering diklasifikasikan sebagai berikut:

- Soal dengan P 0,00 sampai 0,30 adalah soal sukar
- Soal dengan P 0,31 sampai 0,70 adalah soal sedang
- Soal dengan P 0,71 sampai 1,00 adalah soal mudah

d. Uji Daya Beda Soal

Daya pembeda soal untuk mengetahui kemampuan sesuatu soal untuk membedakan antara siswa yang pandai (berkemampuan tinggi) dengan siswa yang kurang pandai (berkemampuan rendah). Untuk mengetahui uji daya pembeda soal dapat menggunakan rumus berikut:

$$D = \frac{B_A}{J_A} - \frac{B_B}{J_B} = P_A - P_B \quad (37)$$

Keterangan:

J = jumlah peserta tes

J_A = banyaknya peserta kelompok atas

J_B = banyaknya peserta kelompok bawah

B = banyaknya peserta kelompok atas yang menjawab soal dengan benar

B
 B = banyaknya peserta kelompok bawah yang menjawab soal dengan benar

P
 P_A = proporsi peserta kelompok atas yang menjawab benar
 (ingat, P sebagai indeks kesukaran)

P
 P_B = proporsi peserta kelompok bawah yang menjawab benar

Adapun klasifikasi daya pembeda untuk mengetahui baik dan tidaknya butir soal sebagai berikut:

D: 0,00 - 0,20 : jelek (poor)

D: 0,21 - 0,40 : cukup (satisfactory)

D: 0,41 - 0,70 : baik (good)

D: 0,71 - 1,00 : baik sekali (excellent)

D: negatif, semuanya tidak baik. Jadi semua butir soal yang mempunyai nilai D negatif sebaiknya dibuang saja.

Butir-butir soal yang baik adalah butir-butir soal yang mempunyai indeks diskriminasi 0,4 sampai dengan 0,7 [8].

- e. Angket Instrumen Evaluasi Data yang diperoleh dari pernyataan-pernyataan angket merupakan data yang masih kasar belum dikelola. Pada analisis data dilakukan dengan mencermati banyaknya centangan yang diperoleh pada kolom jawaban pernyataan yang berbedabeda nilainya. Kemudian mengalikan frekuensi pada masing-masing kolom dengan nilai kolom yang bersangkutan. Banyaknya pengguna yang memiliki jawaban pada kolom harus dikalikan dengan nilai kolom, sehingga diperoleh nilai untuk butir-butir pernyataan [8]. Skor tiap butir pernyataan diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P(\%) = \frac{S}{N} \times 100\% \quad (38)$$

dengan:

P = tingkat kelayakan (%)

S = jumlah skor total yang diperoleh

N = jumlah skor total maksimum

Keterangan:

80%-100% : Sangat baik

66%-79% : Baik

56%-65% : Kurang baik

0%-55% : Tidak baik

[6]

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

I. Uji Validitas

Uji validitas digunakan untuk mendapatkan data (mengukur) data itu valid atau tidak dengan menggunakan bantuan excel. untuk validitas item pada penelitian ini terdapat dua, yaitu validitas item soal pilihan ganda dan validitas item uraian. Berikut adalah tabel tingkat validitas butir soal.

Tabel 3.

Hasil Uji Validitas Soal Pilihan Ganda

No soal	r_{hitung}	r_{tabel}	Validitas
soal 1	0,37	0,329	Valid
soal 2	0,27	0,329	Tidak Valid
soal 3	0,21	0,329	Tidak Valid
soal 4	0,36	0,329	Valid
soal 5	0,35	0,329	Valid
soal 6	0,06	0,329	Tidak Valid
soal 7	0,43	0,329	Valid
soal 8	0,41	0,329	Valid
soal 9	0,45	0,329	Valid
soal 10	0,38	0,329	Valid

Dari tabel diatas menunjukkan tingkat validitas suatu butir soal pilihan ganda dapat dilihat bahwa 7 soal dikategorikan valid, dan 3 soal dikategorikan tidak valid. Dapat disimpulkan bahwa ada 3 butir soal yang tidak valid terdapat pada nomor soal 2, 3 dan 6 karena nilai $r_{hitung} < r_{tabel}$ sebesar 0,329

Sedangkan untuk tingkat validitas suatu butir soal uraian dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.

Hasil Uji Validitas Soal Uraian

No soal	r_{hitung}	r_{tabel}	Validitas
---------	--------------	-------------	-----------

soal 1	0,74	0,329	Valid
soal 2	0,64	0,329	Valid
soal 3	0,81	0,329	Valid
soal 4	0,69	0,329	Valid
soal 5	0,79	0,329	Valid

Dari tabel diatas menunjukkan tingkat validitas suatu butir soal uraian dilihat bahwa 5 soal dikategorikan valid.

2. Uji Reliabilitas

Hasil analisis uji reliabilitas pada penelitian ini menggunakan excel yang diujikan pada kelas XI MIPA SMA Muhammadiyah 7 Yogyakarta. Pada penelitian ini, untuk soal pilihan ganda dan uraian menggunakan Cronbach-Alpha sehingga diperoleh hasil reliabilitas soal pilihan ganda sebesar 0,29 dengan kategori rendah, sedangkan hasil reliabilitas soal uraian sebesar 0,79 dengan kategori tinggi. Adapun hasil dari analisis uji reliabilitas dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5.

Hasil Uji Reliabilitas Soal Pilihan Ganda

Cronbach's Alpha	N of Items
0,29	7

Tabel 6.

Hasil Uji Reliabilitas Soal Uraian

Cronbach's Alpha	N of Items
0,79	5

3. Uji Tingkat Kesukaran Tes

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu tes tersebut sukar atau tidak. Bilangan yang menunjukkan sukar dan mudahnya suatu soal disebut indeks kesukaran. Semakin mudah soal itu, semakin besar pula bilangan indeksnya. Hasil analisis tingkat kesukaran soal pilihan ganda dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.

Hasil Uji Tingkat Kesukaran Tes Soal Pilihan Ganda

No	Indeks Kesukaran	Kategori
1.	0,79	Mudah
2.	0,65	Sedang
3.	0,62	Sedang
4.	0,53	Sedang
5.	0,65	Sedang
6.	0,68	Sedang
7.	0,56	Sedang
8.	0,76	Mudah
9.	0,59	Sedang
10.	0,59	Sedang

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa ada beberapa soal yang mudah dan ada soal yang terbilang sedang. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa 8 soal memiliki indeks kesukaran sedang, dan 2 soal memiliki indeks kesukaran mudah.

Sedangkan untuk hasil analisis tingkat kesukaran soal uraian dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 8.

Hasil Uji Tingkat Kesukaran Tes Soal Uraian

No	Indeks Kesukaran	Kategori
1.	0,69	Sedang
2.	0,81	Mudah
3.	0,66	Sedang
4.	0,80	Mudah
5.	0,64	Sedang

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa ada beberapa soal yang mudah dan ada soal yang terbilang sedang. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa 3 soal memiliki indeks kesukaran sedang, dan 2 soal memiliki indeks kesukaran mudah.

4. Uji Daya Beda Soal Daya pembeda soal untuk mengetahui kemampuan sesuatu soal untuk membedakan antara siswa yang memiliki kemampuan tinggi dengan siswa yang memiliki kemampuan rendah. Adapun hasil dari uji daya pembeda soal pilihan ganda dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9.

Hasil Uji Daya Pembeda Soal Pilihan Ganda

No	Daya Beda Soal	Keterangan
1.	0,29	Cukup
2.	0,24	Cukup
3.	0,06	Jelek
4.	0,24	Cukup
5.	0,24	Cukup
6.	0,06	Jelek
7.	0,29	Cukup
8.	0,24	Cukup
9.	0,35	Cukup
10.	0,47	Baik

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa uji daya pembeda soal ada beberapa butir soal yang dikatakan jelek terdapat pada butir soal nomor 3 dan 6. Hal itu dikarenakan butir soal terlalu sukar.

Sedangkan untuk kriteria daya beda soal uraian dapat dilihat pada tabel dibawah ini Tabel 10.

Hasil Uji Daya Pembeda Soal Uraian

No	Daya Beda Soal	Keterangan
1.	0,21	Cukup
2.	0,14	Jelek
3.	0,21	Cukup

4.	0,12	Jelek
5.	0,21	Cukup

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa uji daya pembeda soal ada beberapa butir soal yang dikatakan jelek terdapat pada butir soal nomor 3 dan 6. Hal itu dikarenakan butir soal terlalu sukar.

V. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan terhadap pengembangan instrumen evaluasi keterampilan berpikir kritis siswa dengan konsep Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) pada materi gelombang stasioner dan gelombang berjalan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Perhitungan validitas butir soal pilhan ganda dan uraian diperoleh dari hasil excel. Hasil perhitungan validitas soal pilihan ganda diperoleh data 70% soal dikategorikan valid, dan 30% soal dikategorikan tidak valid. Sedangkan perhitungan validitas soal uraian diperoleh data 100% soal dikategorikan valid.
2. Perhitungan reliabilitas butir soal pilihan ganda dan uraian menggunakan excel dan menggunakan rumus Alpha Cronbach didapatkan hasil masing-masing 0,29 dikategorikan butir soal pilihan ganda rendah dan 0,79 dikategorikan butir soal uraian tinggi.
3. Tingkat kesukaran butir soal pilihan ganda yang digunakan dengan hasil 20% soal kategori mudah, 80% soal kategori sedang. Sedangkan tingkat kesukaran butir soal uraian didapatkan hasil 40% soal kategori mudah dan 60% soal kategori sedang.
4. Hasil perhitungan daya beda soal pilihan ganda diperoleh data 10% soal dengan daya beda baik, 70% soal dengan daya beda cukup, dan 20% soal dengan daya beda jelek. Sedangkan daya beda soal uraian diperoleh data 60% soal dengan daya beda cukup, dan 20% soal dengan daya beda jelek.

VI. Saran

Berdasarkan dari kesimpulan diatas peneliti memiliki saran sebagai berikut :

1. Instrumen evaluasi ini dapat dikembangkan dengan beberapa kompetensi

2. Pembuatan instrumen evaluasi keterampilan berpikir kritis yang dilakukan terbatas pada materi gelombang stasioner dan gelombang berjalan sehingga tidak dapat mengukur keterampilan berpikir kritis pada materi yang lain. Berdasarkan hal tersebut perlu adanya penelitian lanjutan untuk membuat instrumen yang serupa dengan materi fisika yang berbeda.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT; Eko Nursulistiyo, M.Pd, selaku ketua program studi pendidikan fisika, Prof. Dr. Dwi Sulisworo, M.T kedua orang tua yang telah mendoakan dan memotivasi penulis; dan kepada sahabat-sahabat yang telah memberikan dukungan.

Kepustakaan

- [BSNP, "Paradigma Pendidikan Nasional Abad
1] XXI," Badan Standar Nasional Pendidikan, p. 48,
2010.
- [D. K. Hayati, S. and A. Lukman, "Pengembangan
2] kerangka Kerja TPACK pada Materi Koloid untuk
Meningkatkan kktivitas Pembelajaran dalam Mencapai
HOTS Siswa," Edu-Sains: Jurnal Pendidikan
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember, p. 1, 2014.
- [K. A. Astiti, Evaluasi Pembelajaran, Yogyakarta: 3]
ANDI, 2017.
- [S. Zubaidah, "Kemampuan Berfikir Tingkat
4] Tinggi yang Dapat Dikembangkan
melalui
Pembelajaran Sains," Makalah Seminar Nasional
Sains dengan Tema Optimalisasi Sains untuk
memberdayakan Manusia, p. 1, 2010.
- [D. A. Schmidt, E. Baran, A. D. Thompson, P.
5] Mishra, M. J. Koehler and T. S. Shin,
"Technological Pedagogical Content Knowledge
(TPACK) : The Development and Validation of an
Assessment Instrument for Preservice Teacher,"
Journal of Research on Technology in Education,
pp. 123-149, 2009.
- [S. Metode Penelitian Pengembangan Research and 6]
development, Bandung: Alfabeta, 2015.
- [L. Prastyawati and F. Hanum, "Pengembangan
7] Model Pembelajaran Pendidikan Multikultural
Berbasis Proyek di SMA," Jurnal Pendidikan IPS,
vol. 2, no. 1, pp. 21-29, 2015.
- [S. Arikunto, Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan, 8]
Jakarta: Bumi Aksara, 2012.